

Physik

Maximilian Weigert
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

09.10.2009

Inhaltsverzeichnis

I	Mechanik	4
1	mechanische Größe	4
1.1	Kraft	4
1.2	Arbeit	4
1.3	Leistung	4
2	Kinematik	4
2.1	zeitliche Bewegungsabläufe bei geg. Anfangsbedingungen	5
3	Dynamik	5
3.1	Newton'sche Gesetze/Hooke'sches Gesetz	5
3.2	Erhaltungssätze	5
3.3	Drehbewegungen	5
3.3.1	Winkelgeschwindigkeit	5
3.3.2	Drehmoment	6
3.3.3	Rotationsenergie	6
3.3.4	Schwingungen	6
II	Thermodynamik	6
4	Eigenschaften strömender Flüssigkeiten:	6
4.1	laminare/viskose Strömung	7
4.2	turbulente Strömung	7
5	Wärmelehre	7
5.1	Wärmeenergie	7
5.2	Phasenübergänge	8
5.3	Ideales Gas	8
5.3.1	Zustandsänderungen	8
5.3.2	kinetische Interpretation des Gasdruckes	8
5.3.3	1. Hauptsatz	8
III	Elektrizitätslehre	8
6	elektrische Größen	9
6.1	Kapazität	9
6.2	Stromstärke	9
6.3	elektrische Leistung	9
6.4	elektrischer Widerstand	9
6.5	magnetische Flussdichte	9

7 elektrische Ladung	10
8 elektrisches Feld	10
8.1 Plattenkondensator	11
9 elektrischer Widerstand	11
9.1 Serienschaltung von Widerständen	11
9.2 Parallelschaltung von Widerständen	11
9.3 Widerstand eines Drahtes	11
9.4 Kirchhof'sche Gesetze	12
10 Wechselstromkreis	12
10.1 magnetische Wirkung	12
11 Elektromagnetische Welle	14
11.1 Lichtgeschwindigkeit	14
IV Optik	14
12 Licht als elektromagnetische Welle	14
13 Geometrische Optik	14
14 Gesetze der Geometrie	15
15 Anwendung der Dispersion	15
15.1 Sammellinse (konvex)	15
15.2 Zerstreuungslinse	16
16 Konstruktion des Bildes	16
16.1 Abbildungsgleichungen	16
16.2 Linsenfehler	17
17 Optische Instrumente	17
17.1 Fehlsichtigkeit	17
17.2 Mikroskop	18
18 Wellenoptik	18
18.1 Interferenz	18
18.2 Beugung	19
18.2.1 am Spalt	19
18.2.2 am Gitter	19
V Kernphysik	20

19 Aufbau der Kerne	20
19.1 stabiler Kern	20
19.2 instabile Kerne	20
19.3 Strahlenarten	21
20 Zerfallsgesetz	21
21 Dualismus: Welle Teilchen	21
21.1 Comptoneffekt	22
21.2 Röntgenstrahlung	22
21.2.1 Absorption von Röntgenstrahlung	23
VI Anmerkung: Ultraschall	23
VII Anmerkung: Spektrometer	23

Teil I

Mechanik

1 mechanische Größe

1.1 Kraft

- Formel: $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$
- Einheit: $[F] = 1 \frac{kgm}{s^2} = 1N$;
- Beispiele:
 - Gewichtskraft: $\vec{F}_G = m \cdot \vec{g}$
 - allg. Gravitationskraft: $\vec{F} = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$
mit $\gamma = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$
 - Reibungskraft: $F_R = f \cdot F_N$ (f=Reibungszahl)

1.2 Arbeit

- Formel: $W = \int_{s_1}^{s_2} \vec{F} \cdot d\vec{s}$
- Einheit: $[W] 1 \frac{kgm^2}{s^2} = 1Nm = 1J$

1.3 Leistung

- Formel: $P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$
- Einheit: $[P] = 1 \frac{kgm^2}{s^3} = 1 \frac{J}{t} = 1W(Watt)$

2 Kinematik

Massepunktmodell:

- Beschreibung durch kartesische Koordinaten \rightarrow Ortsvektor $\vec{r} = (x_0, y_0, z_0)$

Geschwindigkeit:

- mittlere Geschwindigkeit: $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$
- momentane Geschwindigkeit: $v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx(t)}{dt} = x(t)$
- Beschleunigung(a): $a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{dv(t)}{dt} = v(t) = \frac{d^2x}{dt^2} = x(t)$
- $[v] = 1 \frac{m}{s}$; $[a] = 1 \frac{m}{s^2}$

2.1 zeitliche Bewegungsabläufe bei geg. Anfangsbedingungen

- gleichförmige Bewegung: $v = v_0 = konst.$; $a = 0$;
→ $\mathbf{x} = \mathbf{x}_0 + \mathbf{v}_0 \cdot t$
- gleichförmig beschleunigte Bewegung: $a = a_0 = konst.$; $v(t) = v_0 + a_0 \cdot t$
→ $\mathbf{x}(t) = \mathbf{x}_0 + \mathbf{v}_0 t + \frac{1}{2} \mathbf{a} t^2$ z.B.: freier Fall

3 Dynamik

- Definiton: Änderung des Bewegungszustandes eines Körpers!
→ Kraft, Masse, Impuls, Energie

3.1 Newton'sche Gesetze/Hooke'sches Gesetz

1. Trägheitsgesetz: $F = 0 \rightarrow v = konst.$
2. „Grundgleichung der Mathematik“: $\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{m} \cdot \vec{\mathbf{a}}$
3. action=reactio: $F_1 = F_2$
4. Hooke'sche Gesetz: $\mathbf{F} = -\mathbf{D}\mathbf{x}$ (D=Federkonstante)

3.2 Erhaltungssätze

Gelten in abgeschlossenen Systemen!

1. Energieerhaltung: $E_{ges} = E_{Kin} + E_{Pot}(+U) \leftarrow innere\text{Energie}$
 $E_{ges} = \frac{m}{2} v^2 + m \cdot g \cdot h$
2. Impulserhaltung: $\vec{p} = m \cdot \vec{v}$; $p_{ges} = \sum_{i=1}^N$
 - inelastischer Stoß: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v'$
 - elastischer Stoß: $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$
 $\frac{m_1}{2} \cdot v_1^2 + \frac{m_2}{2} v_2^2 = \frac{m_1}{2} \cdot v_1'^2 + \frac{m_2}{2} v_2'^2$

3.3 Drehbewegungen

3.3.1 Winkelgeschwindigkeit

- Formel: $\omega(t) := \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi(t)}{\Delta t} = \frac{d\varphi(t)}{dt} = \dot{\varphi}(t)$

Massenpunkt auf gleichförmiger Kreisbahn $\omega = konst.$

$$\rightarrow F = m\omega^2 r = -\frac{mv^2}{r}$$

3.3.2 Drehmoment

- Definition: $M = v \times F$
- Formel: $|\vec{M}| = r \cdot F \cdot \sin\varphi$
- Einheit: $[M]=1\text{Nm}$

Drehmoment ist äquivalent zur Arbeit!

3.3.3 Rotationsenergie

- Formel: $E_{rot} = \frac{1}{2}J \cdot \omega^2$
mit J(Trägheitsmoment): $J = \sum_{i=1}^N m_i r_i^2$
- Spezialform (Drehimpuls): $L := r \times p$ (L ist Erhaltungsgröße)

3.3.4 Schwingungen

- Formel: $f = \frac{1}{T}$; $w = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{D}{m}}$
- Einheit: $[f] = \frac{1}{s} = 1\text{Hz}$

ω = Kreisfrequenz

Teil II

Thermodynamik

Auftrieb nach archimedischem Prinzip:

- $F_A = m_{Fl} \cdot g = V_K \cdot \rho_{Fl}$
 - $\rho_K < \rho_{Fl}$: schwimmen
 - $\rho_K = \rho_{Fl}$: schweben
 - $\rho_K > \rho_{Fl}$: sinken

4 Eigenschaften strömender Flüssigkeiten:

(ideale Flüssigkeit ohne Reibung)

Volumenstärke: $I = \frac{\Delta V}{\Delta t}$; $I = A \cdot v$

Kontinuitätsgleichung: $\frac{v_1}{v_2} = \frac{A_2}{A_1}$

4.1 laminare/viskose Strömung

→ Stromlinien sind parallel

$$I = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{R^4}{\eta} \cdot \frac{\Delta p}{l}$$

η =Viskosität/Zähigkeit; R=Ausdehnung; l=Länge

$$I \sim R^4 \quad I \sim \Delta p$$

$$\text{Strömungswiderstand: } R_S = \frac{8}{\pi} \cdot \frac{l \cdot \eta}{R^4}; \quad R_S = \frac{\Delta p}{I}$$

Hintereinanderschaltung von Röhren:

$$R_{R,ges} = R_{S1} + R_{S2} + \dots$$

Parallelschaltung von Röhren:

$$I = \frac{\Delta p}{R_{S,ges}} = I_1 + I_2 \dots = \frac{\Delta p}{R_{S1}} + \frac{\Delta p}{R_{S2}}$$

4.2 turbulente Strömung

- für hohe Geschwindigkeiten → Wirbelbildung
- mechanische Energie: Wärme- und Schallenergie

Reynold'sche Zahl charakterisiert Strömungen:

$$R_e = \frac{\rho \cdot \vec{v} \cdot D}{\eta}$$

D=Rohrdurchmesser, \vec{v} = mittlere Strömungsgeschwindigkeit

$R_e < 2000$: laminar	$R_e > 2000$: turbulent
------------------------	--------------------------

5 Wärmelehre

Temperatur: definiert über Gasthermometer idealen Gases: v =konstant, $T \sim p$

Celsius-Skala: 2 Fixpunkte

Schmelz- und Siedepunkt von Wasser → $0^\circ C \hat{=} 273,15 K$

5.1 Wärmeenergie

$$\Delta Q = C_w \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot \Delta T$$

$$[C_w] = 1 \frac{J}{K}$$

C_w = Wärmekapazität der Substanz, Q= Wärmemenge

spezifische Wärmekapazität $c := \frac{C_w}{m}$

5.2 Phasenübergänge

≙ Aggregatzustände:

gasförmig, flüssig, fest → während der Umwandlung T=konstant!

5.3 Ideales Gas

$$\boxed{p \cdot V = n \cdot R \cdot T} \quad n = \text{Stoffmenge; } R: \text{ allgemeine Gaskonstante}$$

$$R = 8,31 \cdot \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

5.3.1 Zustandsänderungen

1. isotherm: T=konstant → $p \cdot V = \text{konst.}$ bzw. $p \sim \frac{1}{V}$
2. isobar: p=konstant → $V \sim T$
3. isochor: V=konstant → $p \sim T$

Annahme:

- Moleküle in regellosen Bewegungen, verhalten sich wie kleine, starre Kugeln
- Gasteilchen sind Massepunkte mit vernachlässigbarem Volumen
- Gasteilchen üben keine auf Abstand wirkende Kraft aus

5.3.2 kinetische Interpretation des Gasdruckes

Druck entsteht durch Stöße an Wänden

$$p = \frac{F}{A} = \frac{3}{2} \cdot \frac{n}{V} \cdot E_{kin}$$

innere Energie:

$$U_{idgas} = E_{kin} = n \cdot E_{kin} = \frac{3}{2} \cdot p \cdot V = \frac{3}{2} nRT$$

U=innere Energie

5.3.3 1. Hauptsatz

$$\boxed{\Delta U = \Delta Q + \Delta W}$$

W= Arbeit; U= innere Energie; Q=Ladung

Teil III

Elektrizitätslehre

6 elektrische Größen

6.1 Kapazität

- Definition: $C := \frac{Q}{U}$
- Einheit: [F] (Farad) = $1F = 1\frac{C}{V} = 1\frac{A \cdot s}{V}$
→ $C_{plk} = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$; $U_{plk} \sim d$
 - Serienschaltung: $\frac{1}{C_{ges}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
 - Parallelschaltung: $C_{ges} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$

6.2 Stromstärke

- Definition: $I := \frac{\Delta Q(\text{durch Leiter})}{\Delta t}$
- Einheit: [A] = *Basiseinheit*

6.3 elektrische Leistung

- Definition: $P(P_{el}) := \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$
- Formel: $P_{el} = U \cdot I$
- Einheit: [P] = $1W = 1V \cdot A = 1\frac{J}{s}$

6.4 elektrischer Widerstand

- Definition: $R := \frac{U}{I}$
- Einheit: [R] = $1\Omega(\text{Ohm}) = 1\frac{V}{A}$

6.5 magnetische Flussdichte

- Formelzeichen: B
- Einheit: [T] = $\frac{V \cdot s}{m^2}$

7 elektrische Ladung

Elektrische Ladung ist eine intrinsische Eigenschaft (ist eigenbestimmt und braucht deshalb keine Anstöße von außen) von Teilchen. Es existiert eine kleinste Elementarladung: $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$

- gleichnamige Ladungen stoßen sich ab
- ungleichnamige Ladungen ziehen sich an

$$\text{Coulombkraft: } F_C = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$
$$\epsilon_0 = \text{elektrische Feldkonstante} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}$$

8 elektrisches Feld

Elektrische Feldstärke (\vec{E})

- allgemein : $\vec{E} = \frac{\vec{F}_q}{q_p}$
F=auf die Probeladung wirkende Kraft
q=kleine Ladung des Probekörpers
- im homogenen Feld eines Plattenkondensator: $E = \frac{U}{s}$
- im Abstand r von einer Punktladung Q im Vakuum: $E = \frac{Q}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2}$

Veranschaulichung des \vec{E} -Felds durch Feldlinien

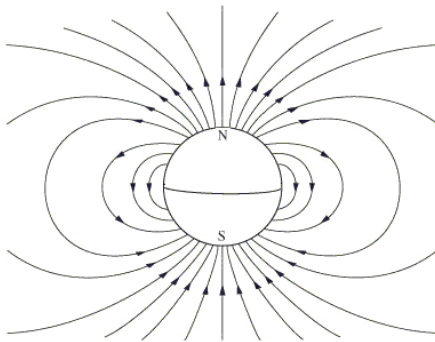


Abbildung 1: Feldlinienbild

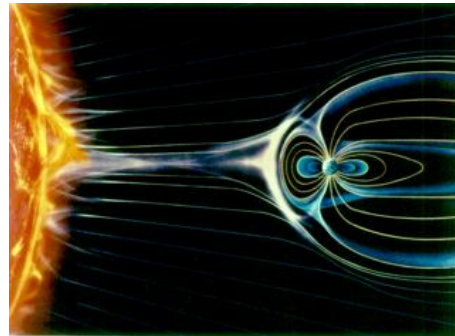


Abbildung 2: Dipolfeld im Weltall

- Richtung $\hat{=}$ Richtung des Feldes
- Dichte $\hat{=}$ Stärke des Feldes
- Feldlinien verlaufen von positiver zu negativer Ladung

Permittivität (veraltet: Dielektrizität) gibt die Durchlässigkeit eines Materials für elektrische Felder an.

$$\epsilon = \frac{F}{m} = \frac{A \cdot s}{V \cdot m}$$

8.1 Plattenkondensator

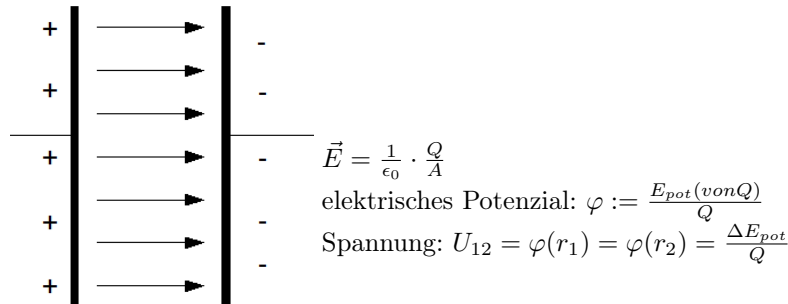


Abbildung 3: Plattenkondensator

Spannung in einem Punkt immer relativ zu einem Referenzpunkt (Nullpunkt)!

9 elektrischer Widerstand

9.1 Serienschaltung von Widerständen

$$\begin{aligned} R_{ges} &= R_1 + R_2 + R_3 + \dots \\ U_{ges} &= U_1 + U_2 + U_3 + \dots \\ I_{ges} &= I_1 = I_2 = I_3 = \dots \end{aligned}$$

9.2 Parallelschaltung von Widerständen

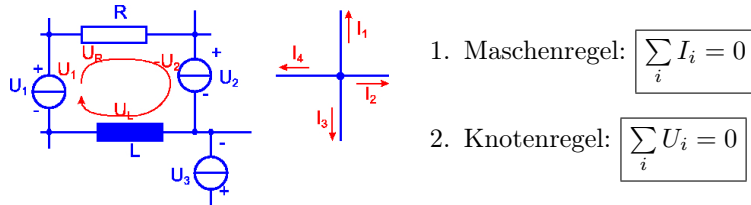
$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{ges}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \\ U_{ges} &= U_1 = U_2 = \dots \\ I_{ges} &= I_1 + I_2 + \dots \end{aligned}$$

9.3 Widerstand eines Drahtes

$$R = \rho \cdot \frac{l}{A}$$

ρ (Rho)=spezif. Widerstand, $[\rho]=\Omega m$; l =Länge; A =Fläche

9.4 Kirchhof'sche Gesetze



10 Wechselstromkreis

$$U(t) = U_S \cdot \sin(\omega t)$$

$$I(t) = I_S \cdot \sin(\omega t)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$P(t) = U(t) \cdot I(t) = U_S \cdot I_S \cdot \sin^2(\omega t)$$

$$\bar{P} = \frac{1}{2} U_S \cdot I_S$$

$$\bar{P} = U_{eff} \cdot I_{eff}$$

$$U_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot U_S; I_{eff} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot I_S$$

10.1 magnetische Wirkung

Stromdurchflossener Leiter ist von kreisförmigen Magnetfeld umgeben. Die Stärke ist gegeben durch magnetische Flussdichte \vec{B} .

$$\mathbf{B}(\mathbf{r}) = \mu_0 \cdot \frac{\mathbf{I}}{2r\pi}; \mu = \text{magnetische Feldkonstante}$$

Magnetische Feldstärke:

Maß für die Fähigkeit eines Feldes Kraft auf einen Körper auszuüben.

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}; [H] = \frac{A}{s}$$

Lorentzkraft:

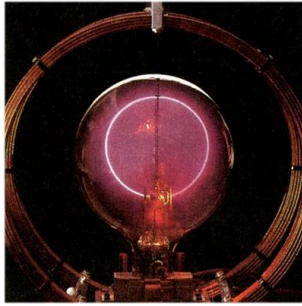
Wirkung eines Magnetfeldes auf bewegliche Ladung

$$\vec{F} = Q \cdot \mathbf{v} \times \vec{B}; \vec{F} \perp \vec{B} \text{ und } \vec{F} \perp \vec{v}$$

...wenn zusätzlich $\vec{v} \perp \vec{B}$, dann beschreibt die Ladung eine Kreisbahn ($\perp \vec{B}$, siehe Abbildung)

3-FINGERREGEL

- Daumen: technische Stromrichtung (**von pos. Q zur negat. Q**)
- Zeigefinger: Richtung \vec{B} -Feld-Linie
- Mittelfinger: Richtung der Lorentzkraft



Radius des Kreises:

Zentripetalkraft=Lorentzkraft: $\frac{mv^2}{r} = e \cdot v \cdot B$;
 $e \hat{=} Q$; e=Elementarladung ($1,6 \cdot 10^{-19} C$)

Abbildung 4: Fadenstrahlrohr

Beispiele für Magnetfelder:

- homogenes Feld im Innern einer Spule: $B = \mu_0 \cdot \frac{n \cdot I}{l}$
 n=Anzahl der Windungen, l=Länge des Leiters, I=elektr. Stromstärke

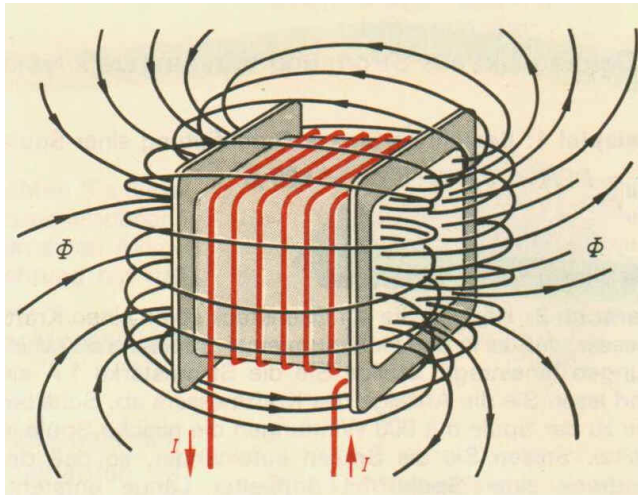


Abbildung 5: magnetisches Feld einer Spule

11 Elektromagnetische Welle

Definition: Verknüpfung periodisch veränderlicher \vec{E} - und \vec{B} -Felder

11.1 Lichtgeschwindigkeit

- Definition: $c = \lambda \cdot f$; λ =Wellenlänge; f = Frequenz

Teil IV Optik

12 Licht als elektromagnetische Welle

- transversale Welle: \vec{E} u. \vec{B} -Felder \perp zur Ausbreitungsrichtung: $c = \lambda \cdot f$
- sichtbares Licht: $380\text{nm} < \lambda < 750\text{nm}$
- Überlagerung aller Farben: weißes Licht
- Quantenenergie: $E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$; $\sim 1,7 \dots 3,3 \text{eV}$; wobei $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{Js}$ (Planksches Wirkungsquantum)
- Lichtgeschwindigkeit in Materie: $c_m < c_{\text{vakuum}}$
- $n = \frac{c_{\text{vakuum}}}{c_m}$; n = Brechzahl
- Dispersion: $n = n(\lambda)$; „normale“ Dispersion $\frac{\Delta n}{\Delta \lambda} < 0$

13 Geometrische Optik

- Allgemeines: keine Wellen- bzw. Quantenphänomene
- Annahmen:
 - geradlinige Lichtausbreitung
 - Lichtstrahlen verhalten sich unabhängig

14 Gesetze der Geometrie

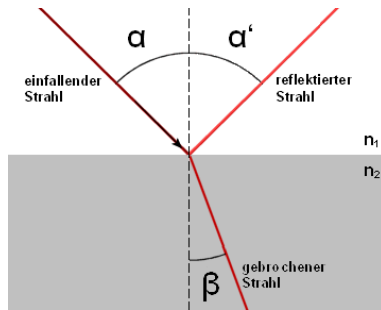


Abbildung 6: Gesetze der Geometrie

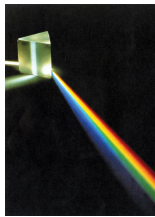
1. Reflexionsgesetz: $\alpha = \alpha'$

2. Brechungsgesetz: wenn

$$n_1 < n_2, \text{ dann } \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

- $n_1 > n_2$
- $\alpha'_2 = 90^\circ$
- $\alpha_G = \frac{n_2}{n_1}$

15 Anwendung der Dispersion



paralleles Licht im Brennpunkt gebündelt!
Breckkraft: $\frac{1}{f} : \frac{1}{m} = 1$ Dioptrie = 1dpt

Abbildung 7:
Prisma

15.1 Sammellinse (konvex)

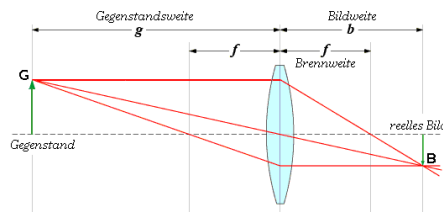


Abbildung 8: Sammellinse

- $g > 2f \Rightarrow B < G, b < g$
- $g = 2f \Rightarrow B = G, b = g$
- $f < g < 2f \Rightarrow B > G, b > g$
- $g = f \Rightarrow B = \infty$
- $g < f \Rightarrow B > G$

15.2 Zerstreulinse

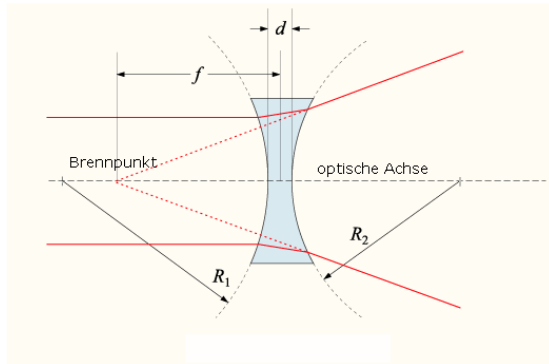
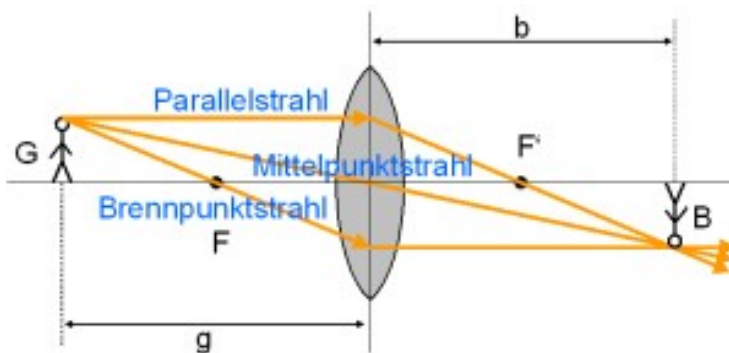


Abbildung 9: Zerstreulinse

- $f < 0$, $\frac{1}{f} = b < 0$ virtuelles aufrechtes Bild

16 Konstruktion des Bildes

- über ausgezeichnete Strahlen:
 - Parallelstrahl \Rightarrow Brennpunktstrahl
 - Mittelpunktstrahl \Rightarrow Mittelpunktstrahl
 - Brennpunktstrahl \Rightarrow Parallelstrahl



16.1 Abbildungsgleichungen

- $\frac{B}{G} = \frac{b}{g} = \frac{b-f}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$

- kombinieren 2er dünner Linsen:
Abstand $d > 0$: $\frac{1}{f_{ges}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$

16.2 Linsenfehler

- Farbfehler (chromatische Aberration) wegen Dispersion
→ blaues Licht stärker gebrochen als rotes
- sphärische Aberration: sogenannte Öffnungsfehler
→ achsenferne Strahlen besitzen „kürzere Brennweite“ als achsennahe Strahlen
- Astigmatismus:
→ schräg einfallende Strahlen werden nicht im Brennpunkt gebündelt

17 Optische Instrumente

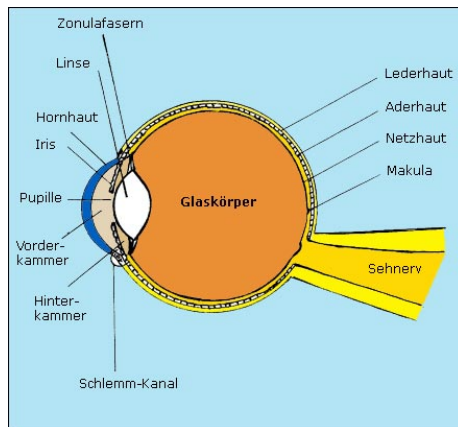


Abbildung 10: Aufbau des Auges

- Bestandteile bilden ein optisches System mit der Brechkraft von ca. 58 dpt (Dioptrie, Maßeinheit der Brechkraft)
- Anpassung der Brennweite: Akkomodation (Linse)
- Anpassung der Helligkeit: Adaption (Pupille)

17.1 Fehlsichtigkeit

- Weitsichtigkeit: Augapfel zu kurz, Korrektur durch konvexe Linse
- Kurzsichtigkeit: Augapfel zu lang, Korrektur durch konkave Linse

17.2 Mikroskop

besteht aus 2 Linsen

1. Objektiv: erzeugt vergrößertes, reelles Bild (umgekehrt)
2. Okular: dient als Kopie zum Betrachten des Bildes

Vergrößerung des Mikroskops: $v = \frac{l}{f_{ob}} = \frac{a_B}{f_{ok}}$
 f_{ob} Brennweite Objektiv; f_{ok} Brennweite Okular; l opt. Tubuslänge; a_B deutliche Sehweite

18 Wellenoptik

Licht als elektro-magnetische Welle (wichtige Phänomene: **Interferenz** und **Beugung**)

18.1 Interferenz

Überlagerung von Wellen

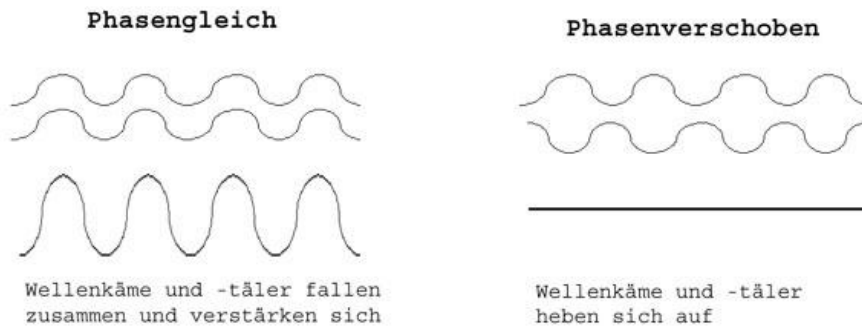


Abbildung 11: Phasenverschiebung von Wellen

Bedingungen:

- gleiche Wellenlänge
- feste Phasenbeziehung

18.2 Beugung

Ablenkung von Wellen an einem Hindernis

18.2.1 am Spalt

- konstruktive Intefferenz: $\Delta = n \cdot \lambda$
- destruktive Intefferenz: $\Delta = \frac{\lambda}{2} \cdot (2n - 1)$
- Minima: $\sin\alpha_n = \pm n \frac{\lambda}{d}$
- Maxima: $\sin\alpha_n = \pm (n + \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{d}$

18.2.2 am Gitter

- Maxima: $\sin\alpha_n = \pm n \cdot \frac{\lambda}{g}$

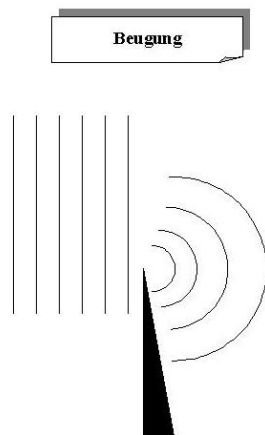


Abbildung 12: Beugung

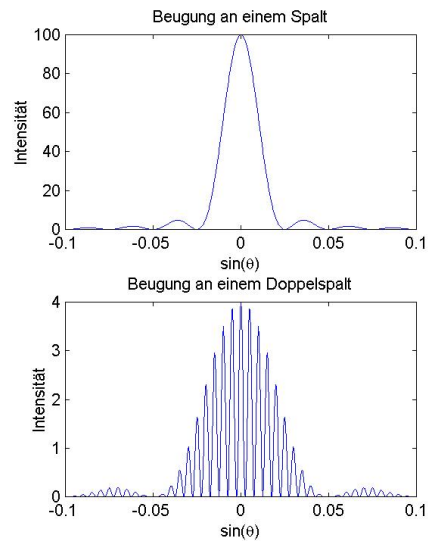


Abbildung 13: Beugungsbild am Spalt und am Gitter

Teil V

Kernphysik

19 Aufbau der Kerne

- Bestandteile: Proton, Ladung +e, Neutron neutral
- Anzahl der Nukleonen im Kern: $A = z + N$; z = Protonenzahl; N = Neutronenzahl
Beispiel: $C_{z=6}^{N=12}$ (häufigstes C-Isotop); C_6^{13} ; C_6^{14}
- Isotope: gleiches Element d.h. gleiches z , aber unterschiedliches N

19.1 stabiler Kern

- leichte Kerne: $N \approx z$
- schwere Kerne: $N \approx 1,5z$

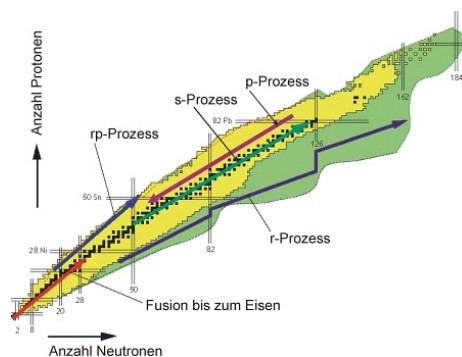
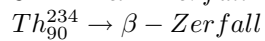
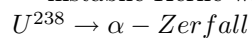


Abbildung 14: Bereich der stabilen Kerne

19.2 instabile Kerne

1. radioaktiver Zerfall

→ instabile Kerne wandeln sich um, dabei wird Energie frei



2. Kerspaltung

3. nach induzierten Kernreaktionen an Beschleunigern, Höhenstrahlung

Anmerkung: Bei Umwandlungsprozessen gelten Erhaltungssätze, insbesondere Energieerhaltung, $E = mc^2$

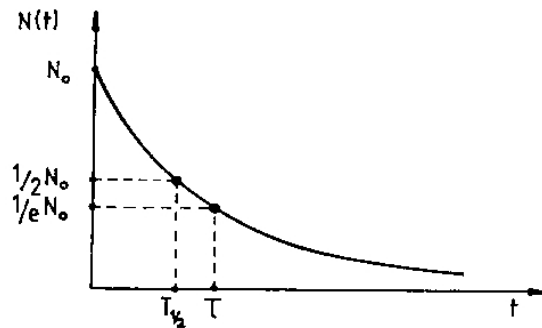
19.3 Strahlenarten

1. α -Zerfall/Strahlung: He_2^4 - Kerne
2. β -Strahlung:
 - β^- -Zerfall: Elektron wird ausgesendet
 - β^+ -Zerfall: Positron wird ausgesendet
3. γ -Strahlung: elektro.-magnet. Strahlung, sehr kurzwellig, hohe Frequenz
→ energiereich

20 Zerfallsgesetz

$\Delta N \sim N \cdot \Delta t, \Delta N = -\lambda \cdot N \cdot \Delta T, \lambda =$ Zerfallskonstante

$$\frac{\Delta N}{N} = -\lambda \cdot \Delta t \rightarrow \boxed{N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}}$$



$T_{1/2} =$ Halbwertszeit;

τ (Tau) = Lebensdauer

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Aktivität: $A = \left| \frac{dN}{dt} \right|$

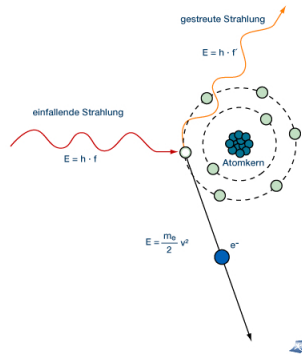
$$\rightarrow A = \lambda \cdot N$$

21 Dualismus: Welle Teilchen

Photoeffekt: kurzwelliges Licht löst Elektronen aus der Metallplatte

21.1 Comptoneffekt

Streuung eines Photons an einem freien Elektron



Energie die aufs e^- übertragen wird

$$\Delta E = h \cdot \frac{c}{\Delta \lambda}$$

Abbildung 15: Comptoneffekt

21.2 Röntgenstrahlung

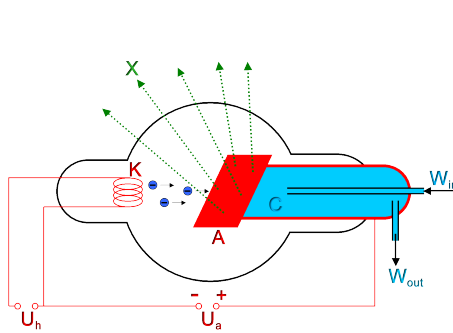


Abbildung 16: Röntgenröhre

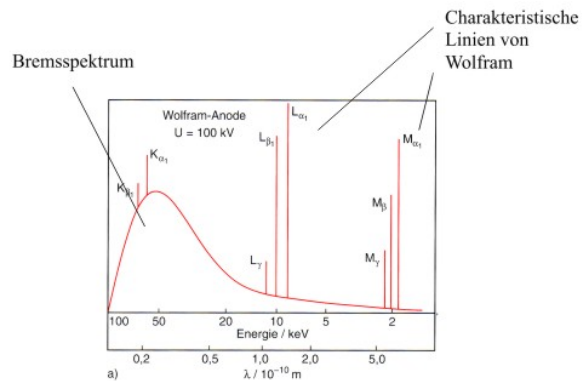


Abbildung 17: Röntgenspektrum

$$E_{kin} = e \cdot U_A, [E]_{kin} = 1eV$$

- Bremsstrahlung: im Comptonfeld eines Kerns => kontinuierliches Spektrum
→ minimale Wellenlänge (höchste Energie) bei max. Energieverlust des e^- durch Abbremsen
- charakteristisches Spektrum: ist abhängig von Anodenmaterial resultiert aus Übergang von e^- zwischen Atomshalen

21.2.1 Absorption von Röntgenstrahlung

$$I(d) = I_0 \cdot e^{-\kappa \cdot d}$$

d=Dicke des Materials; κ (Kappa)=Extinktionskoeffizient

Teil VI

Anmerkung: Ultraschall

$$c = \lambda \cdot f; c=\text{Schallgeschwindigkeit}$$

$$p(z) = p_0 \cdot e^{-\alpha f z}; p=\text{Schalldruck}; z=\text{Schalltiefe};$$

α =Absorptionskoeffizient(materialspezifisch); f=Frequenz; p_0 =Anfangsdruck

Teil VII

Anmerkung: Spektrometer

$$T = \frac{I}{I_0} = e^{-\kappa \cdot d}; E = E_M \cdot c \cdot d = -\kappa \cdot d$$

I=durchgelassene Lichtintensität; I_0 = einfallende Lichtintensität; κ = Extinktionskonstante; d=Schichtdicke; E=Extinktion (Maß für die Abschwächung einer Strahlung); T=Transmission (Größe für die Durchlässigkeit eines Mediums für Wellen); c=Konzentration der Lösung; E_M =molare Extinktion [$\frac{1}{\text{mol} \cdot \text{cm}}$]